

MEDIDAS INSTITUCIONALES PARA LA REDUCCIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE AGUA EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE CAMPUS UNIVERSITARIOS EN EL MARCO DE LA SUSTENTABILIDAD

ANA M. GUTIÉRREZ M. ¹, MARÍA V. NAJUL S. ²

¹ Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. e-mail: anamayelagutierrez@gmail.com

² Planta Experimental de Tratamiento de Aguas, Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. e-mail: mvnajul@gmail.com

Recibido: enero 2017

Aprobado para publicación: marzo 2017

RESUMEN

Las pérdidas de agua ocasionadas por fugas y roturas en la red de distribución, así como las debidas al deterioro y mal funcionamiento de las instalaciones sanitarias en las edificaciones, constituyen uno de los principales problemas en la gestión del servicio de agua. En este sentido, el presente trabajo se planteó como objetivo analizar esta situación en una institución universitaria, tomando como caso de estudio la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela (FC-UCV). El análisis se realizó mediante información documental, revisando el histórico de facturación de un periodo de cinco años y tomando lecturas diarias en el medidor principal durante tres semanas; también se verificó el estado actual de las piezas sanitarias inspeccionando el 90 % de ellas. Las estimaciones realizadas permitieron determinar que el consumo atribuido a los usuarios corresponde aproximadamente a 39 % del caudal promedio que entra en la Facultad, lo que sugiere pérdidas de agua en el orden del 61 %. De este porcentaje, se comprobó mediante aforo que un 38 % se pierde en roturas detectadas en la red de tuberías y se presume que el 23 % restante se desperdicia en el 7 % de piezas sanitarias que fueron detectadas con fugas. Se requiere a corto plazo la reparación y/o sustitución de las piezas sanitarias, la medición del consumo del agua y el establecimiento de un programa comunicacional que involucre a las autoridades y a la comunidad para garantizar el consumo y uso responsable del agua.

Palabras clave: pérdidas de agua, fugas, roturas, piezas sanitarias, consumo y uso responsable

INSTITUTIONAL MEASURES FOR THE REDUCTION OF WATER LOSS IN UNIVERSITY CAMPUS SUPPLY SYSTEMS WITHIN THE FRAMEWORK OF SUSTAINABILITY

ABSTRACT

Water loss by leakages and distribution systems breakages and the ones that occurred when sanitary facilities in buildings have an operational deficiency are one of the major problems for water management. Therefore, the purpose of this paper is to analyze this concern at a university, specifically in the Sciences Faculty of the Universidad Central de Venezuela (FC-UCV). The methodology included five (05) years of water bills reviews and daily readings in water meter for three (03) weeks, also was verified 90 % of sanitary facilities physical condition. Estimates allowed to determine that consumption attributed to users corresponds approximately to 39% of the average flow entering the faculty, suggesting water losses of 61%, by metering it was verified that 38 % it is lost in two distributions systems breaks and presumably the 23 % remaining in the 7% of sanitary parts that were detected leaking. Immediately it required preventive and corrective maintenance of sanitary parts, this is essential to establish a program of responsible use and consumption of water

Keywords: Water losses, leakage, sanitary parts, consumption use, responsible use

INTRODUCCIÓN

Las pérdidas de agua constituyen uno de los principales problemas en sistemas de distribución, producto del desgaste natural de las tuberías, corrosión, cargas imprevistas, mala fabricación o instalación, todos ellos asociados a actividades de operación y mantenimiento de redes. Estas son las pérdidas reconocidas por la mayoría de los operadores como pérdidas reales. Sin embargo, los proveedores de agua también sufren pérdidas debido a mala contabilidad, imprecisiones de medición del cliente y consumo no autorizado, las cuales se denominan colectivamente pérdidas aparentes y tienen un impacto negativo en la exactitud de los datos de consumo y utilidades (AWWA, 2009).

En algunos casos se utiliza como sinónimo el término “agua no contabilizada”, lo que se refiere a la diferencia entre el agua producida por la empresa y el gasto medido (o facturado), expresado como porcentaje de la producción (Mays, 2002).

La Asociación Internacional del Agua (IWA, 2015) señala que el problema del agua no contabilizada, a pesar de ser uno de los más sencillos de resolver a los efectos de mejorar la eficiencia de los servicios públicos de agua, representa entre un 25 y un 50 % del suministro total de agua en el mundo, y en los mercados emergentes alcanza hasta un 75 %.

En Venezuela, de acuerdo a la información disponible, las aguas no contabilizadas oscilan entre 53 y 75% (CAF, 2004), y las pérdidas de agua en la red debidas a roturas y fugas constituyen la mayor parte.

De acuerdo a esto, en el ámbito de la sostenibilidad, las pérdidas de agua no deben ser ignoradas, ya que significan un claro obstáculo, por los potenciales impactos económicos, técnicos, sociales y ecológicos (Fallis y otros, 2011).

Su seguimiento mediante la presentación de auditorías de agua es potencialmente beneficioso para todos los sistemas. Una vez que la pérdida de agua se minimiza, los beneficios van más allá de la reducción de los costos de producción debido al uso de menos energía. No solo resultará en más agua disponible, sino también en mayor eficiencia, mejoras en las instalaciones de tratamiento, recuperación de ingresos perdidos, menor presión sobre los recursos hídricos, lo que puede conducir a una sostenibilidad del agua a largo plazo. Un programa activo de control de pérdida de agua también puede conducir a la sustitución y reparación de tuberías,

antes de la aparición de fugas mayores que podrían resultar en más daños y costos de responsabilidad potencial para la empresa de servicios públicos. (Ress y Roberson, 2016) La idea de incorporar la sustentabilidad en los campos universitarios se inicia con la Declaración de Talloires en el año 1990. Es conocida como la primera declaración formal desde el ámbito de la educación superior y fue firmada por rectores de universidades de todo el mundo. En ella muestran su compromiso con la sostenibilidad y el medio ambiente (The Talloires Network, 2005) y se comprometen a elaborar e implementar estrategias y programas que aseguren el cumplimiento de las acciones que establece el texto de la declaración. Esta contempla diez (10) acuerdos, dentro de los que destacan crear una cultura institucional de sostenibilidad e implementar prácticas institucionales de ecología.

A partir de esta declaración, se crea la Asociación de Líderes Universitarios para un Futuro Sostenible, conocida como ULSF por sus siglas en inglés (ULSF, 2008) y a la cual está suscrita la UCV desde octubre de 2012. De acuerdo a ella, los estudios de sostenibilidad en los campus universitarios deben abordarse desde siete dimensiones críticas: 1. misión institucional, 2. estructura y planificación, 3. currículo, 4. extensión y servicio comunitario, 5. investigación, desarrollo y docencia, 6. oportunidades para estudiantes, reconocimientos y desarrollo del personal docente y 7. Operaciones. En esta última se incluyen prácticas ambientales y sostenibles, tales como conservación de energía, reducción de residuos, manejo del agua, materiales, mantenimiento, transporte, seguridad, comunicación, vulnerabilidad, etc. (Clugston y Calder, 2003).

Los campus universitarios, por ser estos pequeñas ciudades, poseen sistemas de distribución de agua similares a los operados por las empresas de agua potable y adolecen de los mismos problemas.

En el proyecto en desarrollo desde 2016 hasta el presente, denominado “Análisis de la Sustentabilidad del Sistema de Abastecimiento de Agua (SAA) de la Ciudad Universitaria de Caracas (CUC)”, principal sede de la Universidad Central de Venezuela, se tomó como estudio de caso piloto la Facultad de Ciencias (FC-UCV). Se considera, por una parte, que este es un espacio definido, con un sistema de distribución delimitado y abastecido por el acueducto de la región capital a través de una tubería de 8” de diámetro, donde existe un medidor operativo. Por otra parte, cada una de sus partes es representativa de las dependencias que constituyen la CUC. En la Figura 1 se aprecia un esquema de la red de distribución de agua de la FC-UCV.

distribución de agua potable e instalaciones sanitarias, se proponen acciones de corto y mediano plazo, con miras a optimizar el consumo de agua en la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela, trasladables al resto de las dependencias de la universidad y otras instituciones universitarias.

RESULTADOS

La Figura 2 muestra los promedios anuales de caudales de agua de los periodos revisados: Qmedio estimado 2004 (Avendaño y Serrano, 2004), Qmedio medido 2004 (Avendaño y Serrano, 2004) y facturación de los años 2006, 2007, 2012, 2013, 2014 y 2015, suministradas por la Dirección de Mantenimiento de la UCV. En ella se aprecia que el caudal promedio anual se mantuvo entre 4 y 5 l/s, a excepción del valor promedio para el año 2012 y el Qmedio medido en el 2004 (Avendaño y Serrano, 2004). De acuerdo a lo reportado por estos últimos y por la observación propia, estos valores atípicos pueden atribuirse a problemas por la interconexión de la red de abastecimiento de la FC-UCV con la red baja y alta de la universidad, que genera pases de agua y contrapresiones que alteran el funcionamiento del medidor. Al descartar estos valores, el caudal promedio del periodo analizado se ubicó en 4,72 l/s. Esto reafirma el comentario de la mayoría de las referencias consultadas, que señalan a los errores de medición entre las principales causas de pérdidas de agua, calificadas como pérdidas aparentes (AWWA, 2009; Fallis y otros, 2011).

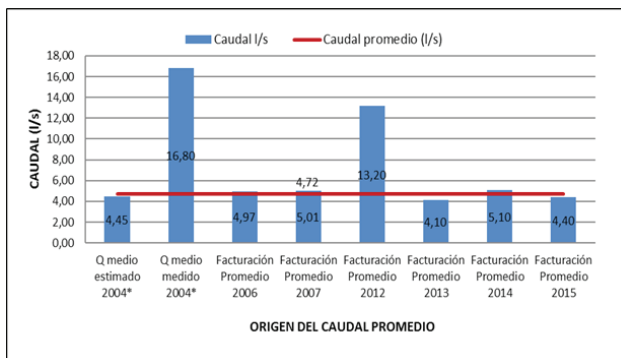


Figura 2. Consumos promedios anuales de agua en la Facultad de Ciencias UCV. Elaboración propia, sobre datos obtenidos de la facturación mensual de agua y de Avendaño y Serrano (2004)

En la data de facturación analizada, los meses de agosto de 2013 y 2014, que son los del periodo vacacional, mostraron una reducción en el consumo de 0,9 y 1,3 l/s respectivamente.

La población que hace vida en la Facultad de Ciencias está conformada por 3.025 estudiantes de pregrado, 767

estudiantes de postgrado, 447 docentes, 207 empleados administrativos y 113 obreros, lo que totaliza 4.559 personas. Con base en esta información, el consumo *per cápita* en la FC-UCV es aproximadamente 89 l/usuario/día, valor elevado en comparación con la dotación establecida por la empresa encargada de suministrar el servicio de agua: 39,5 l/usuario/día (5.400 m³/mes). También es superior al compararlo con los valores obtenidos en documentos y/o páginas web de las pocas universidades latinoamericanas que reportan valores de indicadores de sustentabilidad (Figura 3).

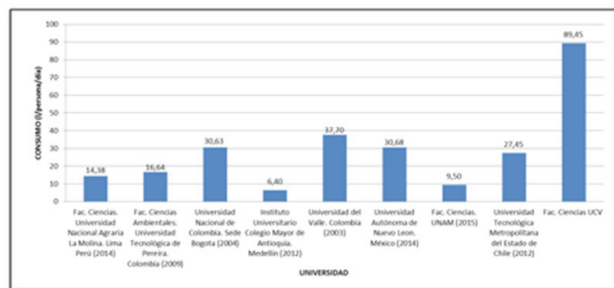


Figura 3. Consumos per cápita en Universidades Latinoamericanas. Elaboración propia, comparando datos tomado de Advíncula y otros (2014), Trujillo y Sarmiento (2012), IEA (2004), Arroyave (2012), Aparicio y Tascón (2003), Villanueva (2014), PUMAGUA (2015), Ruiz (2014), Mercado y Becerra (2012)

En el reporte de la Universidad del Valle de Colombia, se presenta un valor de 37,7 l/persona/día (Aparicio y Tascón, 2003), y según sus autores, la principal causa de desperdicio de agua se encuentra en los aparatos de fontanería, en las válvulas de la red de abastecimiento y en las tomas de los edificios, lo que representa el 45% del consumo mensual.

En la Universidad Nacional de Colombia, el consumo *per cápita* para el año 2000 se ubicaba por encima de 100 l/persona/día. Sin embargo, se evidenció una disminución considerable en el consumo, sustentado en el plan de ahorro de agua, que contempló, entre otras actividades, la instalación de medidores y piezas sanitarias ahorradoras en toda la universidad, por lo que para el año 2003 este valor alcanzó los 30,63 l/persona/día. (IEAC, 2004).

Con miras a corroborar los resultados producto del procesamiento documental, la Figura 4 muestra los resultados de procesar las lecturas diarias tomadas en el medidor durante el periodo del 23-06-2016 al 18-07-2016, el cual no pudo ser extendido debido a que a partir de esta fecha dejó de funcionar. En ella se observa que el promedio está muy cercano al obtenido previamente, apenas 0,2 l/s menor, lo que confirma el orden de magnitud del consumo

de agua en la Facultad. Además, se aprecia que los días de mayor y menor consumo son los martes y miércoles, respectivamente.

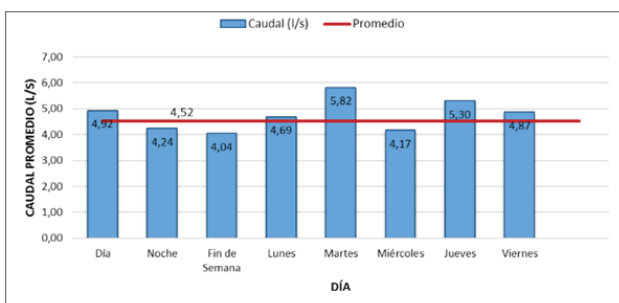


Figura 4. Caudal promedio de agua que ingresó en la FC-UCV en el periodo del 23-06 al 18-07-2016. Elaboración propia con lecturas tomadas en el medidor N°: 1202327

Al comparar los consumos diurnos (8:00 am a 5:00 pm), nocturnos (5:00 pm a 8:00 am) y fines de semana (viernes 5:00 pm a lunes 8:00 am), se obtiene para la noche una disminución de 0,68 l/s y para los fines de semana de 0,88 l/s.

Las actividades que demandan agua tanto de noche como los fines de semana deberían disminuir al menos en 50 %, de acuerdo a una suposición conservadora. De 5:00 a 9:00 de la noche aún se desarrollan actividades como clases de postgrado y de investigación en los laboratorios (ocasionalmente). También esto ocurre los fines de semana, a lo que se suman actividades recreativas y deportivas. Por tanto, el consumo real en la FC-UCV debería ser de 1,76 l/s¹, equivalente a aproximadamente el 39% del caudal promedio estimado de acuerdo a la facturación. Esto sugiere pérdidas de agua en el orden del 61%.

De esta manera, el consumo *per cápita* sería 33 l/usuario/día y se ubicaría por debajo de la Universidad del Valle de Colombia que, de acuerdo a la comparación realizada previamente, era la segunda de mayor consumo y de la dotación establecida en la normativa venezolana.

Sobre la base de la valoración realizada, se estaría afirmando que el caudal restante, es decir, 2,76 l/s (61 %), correspondería a pérdidas de agua, situación que reafirmó la necesidad de complementar el estudio mediante inspecciones visuales a la tubería principal y las piezas sanitarias.

¹ 1,76 l/s es el resultado de multiplicar por 2 la disminución del consumo los fines de semana (0,88 l/s), considerando que las actividades se reducen en un 50%.

En la red se detectaron tres (03) fugas (Figura 5). Una de ellas fue aforada y se obtuvo un caudal promedio de 1,36 l/s, valor que representa el 30 % del promedio. En la otra fuga se presume que la pérdida pudiera estar en el orden del 25 % de la anterior. La tercera fue reparada antes de poder aforarla. Como resultado, el agua que se pierde en estos dos puntos está en el orden de 1,70 l/s, que equivale aproximadamente al 38% del caudal promedio que ingresa a la FC-UCV (Tabla 1).



Figura 5. Lado izquierdo: Fuga de agua detectada en la entrada de la Escuela de Física. Lado derecho: fuga de agua en el estacionamiento este

Tabla 1. Caudal de agua que se pierde por fugas en la FC-UCV

Lugar de la fuga	Caudal (l/s)	% respecto al promedio
Entrada principal Escuela de Física	1,36	30
Estacionamiento este	0,34	8
Piezas sanitarias y grifos en laboratorios	1,06	23
Total	2,76	61

Se realizó la inspección de las piezas sanitarias (lavamanos, pocetas, urinarios, duchas y grifos en los laboratorios) en más del 90 % de las edificaciones. Se detectaron fugas o pérdidas de agua en 7% de las piezas; especialmente las pocetas son las que representan el mayor porcentaje de fugas. En la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Tecnológica de Pereira (Trujillo y Sarmiento, 2012), se detectó que el 10 % de las instalaciones sanitarias presentaban goteo y fugas importantes y que la cantidad de agua perdida representaba el 48 % del total que ingresaba a la edificación. Esto indica que aunque el porcentaje de piezas sanitarias que presentan fugas pareciera bajo, cuando se asocia al caudal de agua desperdiciado la perspectiva cambia, y es que allí podría estar incluido el 23 % de caudal restante.

Efectivamente, durante el trabajo de campo se estimaron las pérdidas de agua en dos (02) de los siete (07) lavamanos y cuatro (04) de los doce (12) grifos de laboratorio con fuga (Tabla 2). Los valores obtenidos resultan en una pérdida de agua de 1.568 l/d, que se traduce, de acuerdo al *per cápita* previamente estimado, en la equivalente para suplir los requerimientos de cuarenta y nueve estudiantes.

Tabla 2. Estimado de pérdidas de agua en fugas de grifos

Ubicación de las piezas sanitarias	Caudal (l/d)
Lavamanos baño de damas, planta baja, edificio aulas	39,3
Lavamanos baño de damas, piso 1, edificio aulas	1.467,7
Grifo laboratorio docentes Biología	2,8
Grifo laboratorio IZET	11,3
Grifo laboratorio docentes Biología	25,4
Gripo labortorio Escuela Química	20,9
Total	1.567,4

Así mismo, de acuerdo a las características técnicas de las pocetas y urinarios y a la cantidad de estas piezas que se encontraron con fuga, el estimado de agua perdida pudiera estar en el orden de 0,95 l/s², que representa 21 % del promedio mensual, valor muy cercano al 23 % indicado anteriormente. Además, se encuentra dentro de los rangos de desperdicio de agua asociados a piezas sanitarias reportados por otros autores: 18-21 % (Romero, Moré y Luna, 2013a), 20-30 % (Advíncula, García, García, Toribio y Meza, 2014), 27% (Universidad Nacional Autónoma de México, 2012) y 48 % (Trujillo y Sarmiento, 2012).

Vale resaltar que las fugas de agua detectadas en la mayoría de las pocetas y los urinarios eran de consideración, incluso algunas presentaban aislamiento de la válvula de descarga (fluxómetro), lo que permitía el paso continuo de agua (grifo completamente abierto). También durante la inspección a los laboratorios se observó una fuga de importancia en la tubería principal que abastece a uno de ellos.

Al tratar de identificar algunos factores que pudieran incidir positiva o negativamente en las pérdidas de agua en la FC-UCV, la revisión de la facturación y el análisis de las tarifas y los montos mensuales, permite afirmar que no es el aspecto económico el que pudiera motivar la reducción de las pérdidas, tanto por lo bajo del valor de las tarifas, como por la no modificación del monto total de manera significativa con la variación del consumo.

A partir de una encuesta realizada en el marco del proyecto de investigación en el que se incluye el presente trabajo, se indagó sobre el grado de sensibilización de la comunidad sobre la importancia de este recurso y su uso responsable. Según Advíncula y otros (2014), es fundamental establecer acciones de comunicación y educación para garantizar el éxito de los programas de conservación. En este sentido, más del 80 % de los encuestados manifestaron que en la FC-UCV no se realiza este tipo de actividades.

Con referencia al riego de jardines y áreas verdes, considerando la importante área (7.600 m²), se conoció que no hay un cronograma establecido. Esta actividad depende de la disponibilidad y disposición del personal obrero. Además, no se realiza riego nocturno, entre cuyas ventajas están un mejor aprovechamiento del agua, por la ausencia de evaporación en el horario diurno, así como la reducción de las presiones en la red, que redundaría en una disminución de las pérdidas por fuga. (Garzón y Thornton, 2006).

En virtud de los resultados obtenidos, y tomando en cuenta que una de las acciones primordiales para lograr un manejo eficiente del servicio de agua incluye la reducción de pérdidas, es necesario tomar como prioridad la instalación de un sistema de micro-medición propio de la facultad, que incluya inicialmente los puntos de mayor consumo (baños principales y laboratorios), de manera de verificar los valores aquí estimados, y su vez establecer metas reales para la reducción en el consumo. Así mismo, y en paralelo, es fundamental iniciar un programa de mantenimiento correctivo en las piezas sanitarias, especialmente en pocetas y urinarios, donde las pérdidas son considerablemente elevadas.

Finalmente, debe resaltarse que cualquier medida que se desee implementar debe partir del consenso entre los distintos actores y/o factores que influyen en la misma, lo que implica apoyo técnico e institucional (personal especializado y asignado exclusivamente al manejo del agua), presupuestario, social (participación de los usuarios) y entes externos de apoyo (Empresa hidrológica, ONG, organismos nacionales e internacionales).

CONCLUSIONES

La estimación de las pérdidas de agua en la FC-UCV es mayor al 60 % del caudal promedio mensual que ingresa al campus. Las roturas de agua en redes principales y el mal funcionamiento de las piezas sanitarias son la principal

² 0,95 l/s es el resultado de multiplicar la cantidad de pocetas y urinarios con fuga (19) por el 5 % del caudal mínimo que consumen estas piezas en una descarga, que de acuerdo con las características técnicas es: 1 l/s

causa de estas pérdidas. Esta situación se ve favorecida por los bajos costos de facturación y compromete negativamente la gestión del servicio.

El manejo sostenible y consumo responsable del agua en la FC-UCV requiere de medidas que pudieran clasificarse en estructurales, funcionales, organizacionales y socio-culturales, tales como:

- Reparación o sustitución del medidor principal e instalación de micro-medición,
- Implementación de un programa para la reparación y/o sustitución de piezas sanitarias, en este último caso, por dispositivos de bajo consumo, iniciando por las pocetas y urinarios con fluxómetros dañados,
- Registro del consumo en el medidor, para verificar la incidencia de las acciones en su reducción, orientando su desempeño al de un campus sustentable,
- Registro de las pérdidas de agua a través de fugas y roturas reportadas y tiempos de reparación, con miras a conocer la eficiencia de la gestión de mantenimiento,
- Elaboración de un cronograma de riego que incluya en lo posible el riego nocturno,
- Asignación de un funcionario para el manejo exclusivo del agua,
- Diseño de un plan comunicacional que informe dónde dirigirse para reportar pérdidas de agua en redes y piezas sanitarias e involucre a la comunidad en las actividades realizadas y avances en la reducción de las pérdidas de agua
- Compromiso de las autoridades para garantizar los recursos necesarios para minimizar las pérdidas de agua en la institución.

AGRADECIMIENTO

Las autoras agradecen a:

- Personal de la Dirección de Mantenimiento de la UCV, especialmente a su directora y al Jefe del Departamento de Mantenimiento de Red y Canalizaciones de Agua/Gas/Vapor, por el suministro de información.
- Personal del Departamento de Mantenimiento de la FC-UCV, por el apoyo en el acceso a la información y la receptividad en cada una de las etapas de desarrollo de esta investigación.
- Personal docente, administrativo y obrero de la Planta Experimental de Tratamiento de Aguas (PETA), por el apoyo técnico y personal.

REFERENCIAS

- ADVINCULA, O., GARCÍA, S., GARCÍA, J., TORIBIO, K. y MEZA, V. (2014). Plan de Ecoeficiencia en el uso del agua potable y análisis de su calidad en las áreas académicas y administrativas de la Universidad Nacional Agraria la Molina. *Ecología Aplicada*, Vol. 13, No. 1. pp 43-55. Recuperado de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162014000100005&script=sci_arttext
- AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. (2009) *Water Audits and Loss Control Programs. Manual M36*. Recuperado de http://www.awwa.org/Portals/0/files/publications/documents/samples/30036_M36_Chapter1.pdf
- APARICIO, A. y TASCÓN, C. (2003). *Diagnóstico y recomendaciones para el control de pérdidas en el sistema de abastecimiento de agua existente en la Universidad del Valle, sede Ciudad Universitaria Meléndez*. (Tesis de pregrado). Universidad del Valle, Colombia. Citado por López Moreno, N. (2014). *Programa de uso racional y eficiente del agua en la Universidad del Valle–Meléndez*. (Presentado a Sección Servicios Varios Universidad del Valle, Santiago de Cali). Recuperado de <http://docplayer.es/18194649-Programa-de-uso-racional-y-eficiente-del-agua-en-la-universidad-del-valle-melendez-presentado-por-natalia-lopez-moreno-ingeniera-sanitaria.html>
- ARROYAVE, J. (2012). *Programa de ahorro y uso eficiente del agua en la institución universitaria Colegio Mayor de Antioquia*. Medellín, Colombia. Recuperado de http://www.colmayor.edu.co/archivos/payuea_iu_colegio_mayor_de_ant_hdjm3.pdf
- AVENDAÑO, E. y SERRANO, S. (2004). *Análisis de la Red de distribución de agua de Ciudad Universitaria*. (Trabajo Especial de Grado). Universidad Central de Venezuela, Caracas
- CORPORACIÓN ANDINA DE FOMENTO–CAF (2004): *Venezuela, análisis del sector agua potable y saneamiento*. Informes sectoriales de infraestructura, Año 2, N° 2. Recuperado de <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/396>
- CLUGSTON, R. y CALDER, W. (2003). *Progress Toward Sustainability in Higher Education*. Recuperado de http://www.ulsf.org/pdf/dernbach_chapter_short.pdf

- FALLIS, P.; HÜBSCHEN, K.; OERTLÉ, E.; ZIEGLER, D.; KLINGEL, P.; KNOBLOCH, A.; BAADER, J.; TRUJILLO, R.; LAURES, C. y UN-WATER DECADE PROGRAMME FOR CAPACITY DEVELOPMENT (UNW-DPC). (2011): *Guía para la reducción de las pérdidas de agua. Un enfoque en la gestión de la presión*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH y VAG-Armaturen GmbH. Eschborn, Alemania. Recuperado de <https://www.giz.de/fachexpertise/downloads/giz2011-es-guia-reduccion-perdidas-agua-resolucion-baja.pdf>
- GARZÓN, F., y THORNTON, J. (2006). *Influencia de la presión en las pérdidas de agua en sistemas de distribución*. XXX Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Punta del Este Uruguay. Recuperado de <file:///D:/Users/Usuario/Downloads/Presion%20y%20Perdidas%20de%20Agua-Uruguay.pdf>
- INSTITUTO DE ESTUDIOS AMBIENTALES. (2004). Universidad Nacional de Colombia. *Diagnóstico Ambiental del Campus*. Recuperado de <http://contratacion.bogota.unal.edu.co/documentos/CON-BOG-010-2013/pdf/CON-BOG-010-2013-ANEXO%206%20-%20PRM%20IV.%20DIAGNOSTICO%20infinal%20campus%20ambiental.pdf>
- INTERNATIONAL WATER ASSOCIATION. (2015): *Reduction of Non-Revenue Water around the World*. Recuperado de <http://www.iwa-network.org/reduction-of-non-revenue-water-around-the-world/>
- MAYS, L. W. (2002): *Manual de sistemas de distribución de aguas*. Madrid: Mc Graw Hill.
- MERCADO, O. Y BECERRA, C. (2012). *Huella Hídrica Universidad Tecnológica del Estado Metropolitano de Chile (UTEM)*. Recuperado de https://www.google.com/search?q=consumo+de+agua+universidad+tecnologica+metropolitana+del+estado+de+chile+2012&ie=utf-8&oe=utf-8&client=firefox-b&gfe_rd=cr&ei=8EaKWJqcFKHI8Aexi5E4#
- PUMAGUA. (2015). *Programa de manejo, uso y reuso del agua en la UNAM*. Recuperado de http://www.pumagua.unam.mx/balance_consumo_historico_fc.html
- RESS, E. Y ROBERSON, J. A. (2016): The Financial and Policy Implication of Water Loss. *Journal of the American Water Works Association*, pp. E77-E86. Recuperado de <http://www.awwa.org/publications/journal-awwa/abstract/articleid/55749366.aspx>
- ROMERO, J., MORÉ, R. Y LUNA, L. (2013a). Ahorro y uso responsable del agua en el sistema institucional de gestión ambiental SAURA en la Universidad El Bosque. *Revista de Tecnología/ Journal Technology*, 20-44. Recuperado de http://www.uelbosque.edu.co/sites/default/files/publicaciones/revistas/revista_tecnologia/volumen12_numero1/004_articulo_tecnologia_UB.pdf
- RUIZ, R. (2014). *Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. Plan de Desarrollo 2014-2018*. Recuperado de <http://www.fciencias.unam.mx/nosotros/plan/planes/Plan%20de%20Desarrollo%202014%202018%20versi%C3%B3n%20web%201.pdf>
- THE TALLOIRES NETWORK. (2005). *The Talloires Declarations. On the Civic Roles and Social Responsibilities of Higher Education*. Recuperado de <http://talloiresnetwork.tufts.edu/wp-content/uploads/TalloiresDeclaration2005.pdf>
- TRUJILLO, C. Y SARMIENTO, J. (2012). *Estrategias de uso eficiente y ahorro de agua en centros educativos, caso de estudio, edificio Facultad de Ciencias Ambientales-Universidad Tecnológica de Pereira*. Recuperado de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2769/333912T866.jsessionid=BCEC5862707F799303B5EE99D84A47C8?sequence>
- ULSF. (2008). *Association of University Leaders for a Sustainable Future*. Recuperado de http://www.ulsf.org/pdf/Spanish_TD.pdf
- UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO (UNAM). (2012). *Diagnóstico Ambiental. Instituto Nacional de Bellas Artes. Escuela Nacional de Pintura, Cultura y Grabado "La Esmeralda". Programa Universitario de Medio Ambiente*. Recuperado de <http://docplayer.es/14320145-Diagnostico-ambiental.html>
- VILLANUEVA, H. (2014). *Diseño de un sistema de manejo ambiental en una dependencia de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ingeniería Civil*. Recuperado de <http://eprints.uanl.mx/4460/1/1080253808.pdf>